

PC²レキャストセグメント構造の引張鉄筋を接続化した梁に関する曲げ性能実験

日本鋼弦コンクリート株式会社 正会員 ○東山博明
 日本鋼弦コンクリート株式会社 正会員 丸井俊介
 明星大学教授 正会員 丸山武彦
 明星大学大学院 学生会員 松本隆明

1. はじめに

セグメント工法は、施工の合理化、高品質管理、省力化などの利点がある。しかし、従来のPCプレキャストセグメント工法においては、部材の継手部の構造性能はプレストレスのみに依存している。このためプレキャストセグメントに配置された軸方向鉄筋が継手部では連続していないことになり、構造上の弱点となっている。このようなことから、継手部を挟む左右のセグメントの端部にあらかじめ接続鉄筋配置孔を設置する。この接続鉄筋配置孔に、鉄筋挿入・グラウト注入・充填・定着する方法で接続し、セグメントの一体化を図る実験を試みたものである。

2. 接合鉄筋の概念

土木学会「コンクリート標準示方書」設計編の、プレストレストコンクリートの分類に、

(1) プレストレストコンクリート構造は、構造体の種類として、PC構造とPRC構造に大別することを原則とする。

(2) PC構造は、使用限界状態においてひび割れの発生を許さないことを前提とし、プレストレスの導入により、コンクリートの縁応力度を制御する構造

(3) PRC構造は、使用限界状態においてひび割れの発生を許容し、異形鉄筋の配置とプレストレスの導入により、ひび割れ幅を制御する構造とする。

とある。著者らはプレキャストセグメント構造における鉄筋の非連続性を、継手部に接合鉄筋を用いることによって引張鉄筋を接続化し、セグメントの継目を一体型PRC構造と同様な性能を有する方法を検討した。

従来プレキャストセグメント同士を接合する際は、各セグメント間の鉄筋が連続していないため、フルプレストレストコンクリート構造として設計しなければならない。これは一体型プレストレストコンクリート構造よりも引張鋼材量を増やす結果となり、構造単体の経済特性を生かしていない。

接合鉄筋を用いてセグメント間の鉄筋を連続化することができれば、引張鋼材量を一体型プレストレストコンクリート構造と同様とする事になり、プレキャストセグメントの経済特性を発揮させ得る。

ここでいう接合鉄筋の概念とは、プレキャストセグメントを接合する際に、あらかじめ配置された接合鉄筋配置孔に、接合用の鉄筋を挿入し、構造物にプレストレスを導入して、セグメントを一体化した後、注入する充填材との付着によって引張鉄筋を、重ね継手として連続化するものである。(図-1)

すなわち、この接合鉄筋は、あらかじめコンクリート内にある鉄筋とは異なり、プレストレスの影響を受けない無応力状態の鉄筋となる。この無応力状態鉄筋が、使用限界状態でのセグメント継ぎ目の目地離れをRC構造と同様に抑制する。

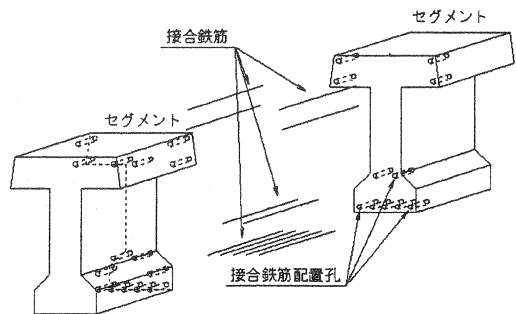


図-1 接合鉄筋の概念図

従来のプレキャストセグメント構造と接合鉄筋使用のプレキャストセグメント構造の比較を図-2に示す。

- ①接合鉄筋は構造物にプレストレスを与えた後に構造物と一体化させる。これは接合鉄筋に圧縮応力を作用させないことになる。
- ②活荷重が作用すると、従来のプレキャストセグメント構造では縁応力の減少が始まる。接合鉄筋を用いたプレキャストセグメント構造では、縁応力の減少と共に接合鉄筋に引張力が作用する。
- ③使用限界状態における従来のプレキャストセグメント構造では縁応力が $0\text{N}/\text{mm}^2$ となった時PC構造物の限界に達する。接合鉄筋を用いたプレキャストセグメント構造では、接合鉄筋にRC構造同様に引張応力が作用している。

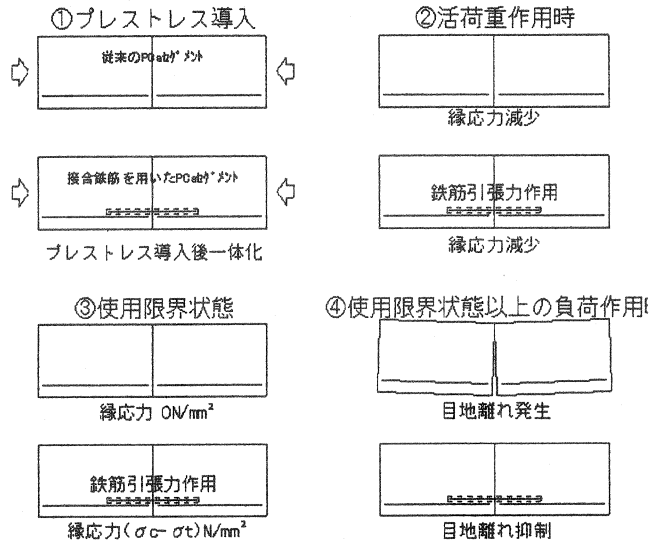


図-2 プレキャストセグメント構造の比較

- ④使用限界状態以上の負荷がかかると、従来のプレキャストセグメント構造ではセグメントの継ぎ目部において集中的に目地離れがおこる。しかし、接合鉄筋を使用したプレキャストセグメント構造では、接合鉄筋に生じた引張応力により目地部の離れを抑制する。

この状態を式化すると

$$\begin{aligned} \sigma_c &= P/A_c, \quad \sigma_t = P/(A_c + n A_s) \\ \sigma_c - \sigma_t &= P/A_c - P/(A_c + n A_s) \\ &= P(A_c + n A_s - A_c) / \{A_c \cdot (A_c + n A_s)\} \\ &= P \cdot n A_s / \{A_c \cdot (A_c + n A_s)\} > 0 \end{aligned}$$

となる。

すなわちプレキャストセグメントに導入したプレストレスPに等しい引張力Pが外力として作用しても、プレキャストセグメントの目地部には $(\sigma_c - \sigma_t)$ なる圧縮応力が残ることになり、目地離れを抑制する。

3. 接合鉄筋の性能確認^{1) 2)}

3. 1. 接合鉄筋の定着長および配置孔径の決定

接合鉄筋は軸方向重ね継手構造となり、重ね継手長の照査と充填材による接合鉄筋の付着性能が重要な要素となる。

重ね継手長は土木学会「コンクリート標準示方書」により算出し、35D以上として確認を行った。また重ね継手長と付着性能の確認試験を行い、その結果から接合鉄筋の配置用の孔径は2Dとした。

3. 2. 接合鉄筋の配置の決定

プレキャストセグメントの接合部の接合鉄筋の配置方法は、図-3に示す3案について検討した。各案の試験供試体を用い、静的曲げ荷重試験を行った。実験では、接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント梁と比較を行うために継手部を有しない一体化梁、および接合鉄筋を配置しない従来のプレキャストセグメント梁も含めた。接合鉄筋を配置した図-3に示す3案のプレキャストセグメント試験体は、たわみ曲線、鉄筋ひずみ曲線、ひび割れ状況のいずれもほぼ一体化梁と同様であった。この結果から接合鉄筋が引張側の接続化

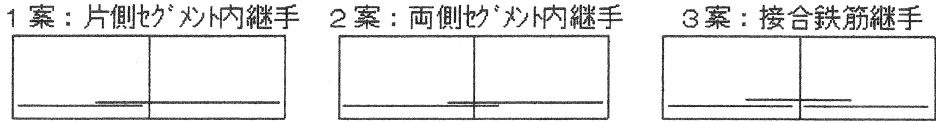


図-3 接合鉄筋を用いたセグメントの接合案

を果たしたものと考えられる。これらの実験をふまえ、次のT型断面のPC桁における接合鉄筋の配置を検討した。構造体としては重ね継手箇所が少ない方が望ましいが、製作過程、現場施工などを考慮して第3案を採用することとした。

4. 引張鉄筋を連続化したT型PCプレキャストセグメント梁の曲げ性能実験³⁾

T型断面を有するプレキャストセグメント梁供試体において、接合鉄筋によって引張鉄筋の連続化を図り、その曲げ性能実験を行った。試験供試体は使用限界状態における桁下縁応力を想定して設計した。すなわち接合鉄筋によってセグメントの継ぎ目部における目地離れを抑制できるかどうかの確認を行った。

(N0) : 一体型PRC梁、(N1, N2, N3) : 接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント梁

4. 1. 接合鉄筋のひずみ (図-4)

鉄筋ひずみについては、一体化構造梁の場合はプレストレス導入時に圧縮ひずみを含んでいるので鉄筋降伏モーメントは見かけ上、大きい。それに対して接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁は、ひび割れが発生した時点でプレストレス相殺分のひずみを生じているので降伏モーメントが小さかった。

4. 2. 梁のたわみ (図-5)

接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁は、初ひび割れモーメントこそ一体化構造梁より小さいものの、たわみ曲線自体は同一線上と考えて特に問題になることはない。鉄筋が降伏した時点からたわみ曲線の傾きはやや増加した。図-5から、セグメント継手部に接合鉄筋を配置すると、一体型PRC梁と同程度の曲げ耐力と曲げ靱性が確保できることがわかる。

4. 3. PC鋼材のひずみ (図-6)

鉄筋が降伏するまでは、一体化構造梁と接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁では差が現れなかった。接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁は、接合鉄筋が降伏した時点から、PC鋼材のひずみ勾配が大きくなっていることがわかる。

4. 4. ひび割れ状況

接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁の初ひび割れは、セグメント目地部に発生した。これに続いて、接合鉄筋配置端部付近と載荷点下付近から発生した。接合鉄筋の降伏時には、中央目地離れは0.4mm(目視)であった。鉄筋降伏時の等曲げ区間内のひび割れ箇所は、一体化構造梁が10箇所発生したのに対し、接合鉄筋を配置したプレキャストセグメント構造梁は5箇所であった。接合鉄筋により接合部の目地離れは抑制できていた。降伏以前のひび割れ状況は、分散傾向にあったものの、

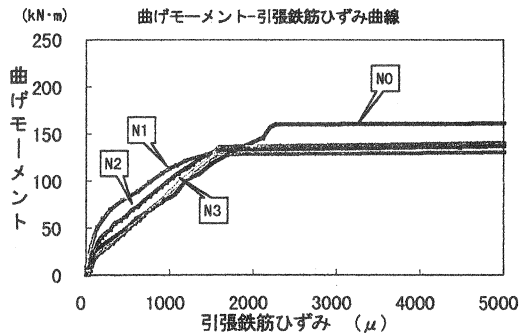


図-4 鉄筋ひずみ曲線

降伏以後よりひび割れが、梁全体に分散しないで接合部に集中する傾向を示した。

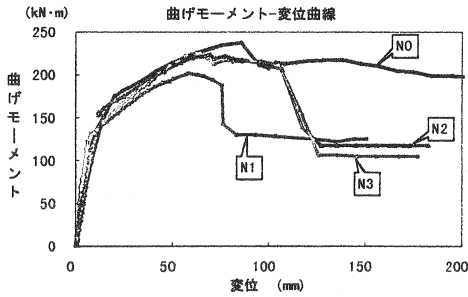


図-5 梁たわみ曲線

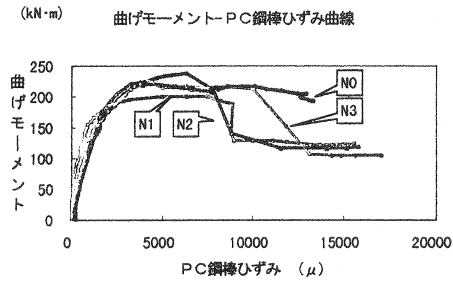


図-6 PC鋼棒ひずみ曲線

5. 接続鉄筋の改良実験⁴⁾

セグメント継ぎ目部のひび割れ発生に対し、接合鉄筋の防錆および付着性能が重要な要素となる。このため、継手部に通常の鉄筋とエポキシ樹脂塗装鉄筋を用い、両者の引抜試験による付着性能を調査し、その後P C梁の静的載荷試験による曲げ性能を比較検討した。

実験の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 接合鉄筋の引抜試験により、シース内にグラウト定着したエポキシ樹脂塗装鉄筋の付着性能は、通常の異形鉄筋と同等の付着能力を示し、腐食環境下においてグラウト定着して使用することが可能である。
- (2) 接合鉄筋として上記の両者を用いたP R C梁曲げ試験より、セグメント継ぎ目部のシース内にグラウト定着した異形およびエポキシ樹脂塗装鉄筋ともに引張力を負担し、曲げ剛性の低下もなく、継ぎ目部の開口もほぼ許容内に抑えられていることから、接合鉄筋として機能していたと判断できる。

6. まとめ

プレキャストセグメント構造において接合目地部に配置した接合鉄筋を連続化する一連の実験で、以下の点が確認できた。

- (1) 接合鉄筋の重ね継手長は、土木学会「コンクリート標準示方書」による計算式で求めてよい。
- (2) 接合鉄筋による引張鉄筋の接続は、グラウト充填材を使用することによっても重ね継手の性能がある。
- (3) P Cプレキャストセグメント工法の継目部の挙動は、接合鉄筋の応力伝達により一体化ものと同等の性能がある。
- (4) 接合鉄筋にエポキシ樹脂鉄筋を使用して良い。

以上のことから、P Cプレキャストセグメント工法の引張鉄筋の接続化は、一体化ものと同等の性能があるため、接合目地部に対する安全率の割増は必要がないと判断でき、プレストレス力の増分も必要なく経済性に有利となる。

参考文献

- 1) 東山、中條、宮本、田中：プレキャストセグメントの接合法に関する研究 プレストレストコンクリート技術協会 第8回シンポジウム論文集
- 2) 渡辺、丸山、東山、中條：グラウト定着した鉄筋の付着性状に関する研究 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集
- 3) 東山、宮本、丸山、渡辺：プレキャストセグメントのP R C構造への適用性実験 プレストレストコンクリート技術協会 第9回シンポジウム論文集
- 4) 松本、丸山、東山：P R Cプレキャストブロック工法の継手部曲げ性能の改善 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集